Article de recherche

Qualité fromagère des laits de vache en fonction des régimes à base d'herbe

C. Vertes * et A. Hoden

INRA, Station de recherches sur la vache laitière, Saint-Gilles, 35590 L'Hermitage, France

(reçu le 8 juin 1988, accepté le 23 janvier 1989)

Résumé — L'influence du niveau des apports nutritifs et de la nature de la ration sur les caractéristiques physico-chimiques des laits de vache et leur aptitude fromagère est étudiée dans 3 essais réalisés à l'herbe. Les comparaisons ont porté sur : 1) la complémentation isoénergétique du trèfle blanc à l'auge par de la pulpe de betterave ou du blé; 2) la nature de l'espèce pâturée (ray-grass ou dactyle) associée à une complémentation supplémentaire avec le dactyle; 3) les effets du chargement et du niveau de complémentation au pâturage. La qualité du lait est déterminée par des analyses physico-chimiques des laits portant essentiellement sur les fractions azotées et calciques et des tests technologiques qui ont nécessité une mise au point. La vitesse de raffermissement de gel est obtenue avec un viscosimètre rotatif Rheomat 30. La fermeté maximale du gel est correctement déterminée avec l'analyseur de consistance Stevens. Les rendements en fromage frais et azotés corrigés sont évalués par centrifugation de lait emprésuré. Ces tests sont fiables mais présentent une variation inter-jours assez importante. De ce fait, ils doivent être utilisés pour comparer des laits traités le même jour, et l'emploi de schémas expérimentaux où les animaux sont leurs propres témoins est nécessaire.

L'aptitude fromagère des laits issus de vaches au pâturage peut être améliorée par une augmentation du niveau des apports énergétiques. Celle-ci peut être obtenue par un accroissement du niveau de complémentation, une réduction du chargement au pâturage surtout lorsque les vaches ne reçoivent pas d'aliments concentrés, ou par le choix d'une espèce pâturée de meilleure valeur alimentaire (ray-grass vs dactyle). L'effet dépressif du dactyle peut être corrigé par un apport supplémentaire d'aliment concentré. Par ailleurs, la nature de la complémentation peut modifier l'aptitude fromagère des laits. Ainsi, la complémentation d'une ration de trèfle blanc avec de la pulpe a permis d'obtenir des laits d'une meilleure qualité fromagère comparativement au blé avec lequel les taux protéiques avaient pourtant été les plus élevés. La quantité de caséine dans la fraction protéique et une teneur en calcium élevée peuvent tamponner l'effet néfaste d'un lait pauvre en protéines.

lait — aptitude fromagère — pâturage — niveau d'alimentation

Summary — The effects of herbage based diet on cheese making properties of cow's milk. The effect of change in nutritional level or in nature of the diet on the cheese making properties of cow's milk during grazing was determined in 3 trials. The purposes of the trials were the comparison of wheat and sugar beet pulp as supplementation of white clover, the comparison of ryegrass

* Bourse de thèse ITEB ACTA MRT.

and cock's foot pasture with or without supplementation and the associated effect of supplementation and grazing severity. Milk quality was determined by measuring the nitrogen and calcium fraction and by rheological and cheese yield tests. The curd firming rate was determined using a rotary viscometric device, Rheomat 30, and the curd firmness was correctly determined with the Steven's texture analyser. Fresh curd weight and nitrogen corrected cheese yields were evaluated by centrifugation of renneted milk. These tests are reliable but the between-day variations are large. As a consequence, they have to be used to compare milk samples treated the same day and in experiments where the cows can be their own reference.

Using this protocole, we have found that cheesemaking quality of milk can be improved by increasing the level of energy intake by one of the following ways : increasing level of concentrate supplementation, decreasing grazing severity particularly when no supplementation is used, or increasing the nutritive value of the herbage (ryegrass compared to cock's foot). But cheesemaking properties are also affected by the nature of the diet as shown by the best quality of milk being produced by cows receiving a diet based on white clover and supplemented with sugar beet pulp rather than wheat at the same energetic level. Good protein quality or high calcium concentration can counteract the effect of low protein content milk.

milk — grazing — nutritional level — cheesemaking quality

Introduction

La composition du lait de vache, et en particulier le taux protéique, a tendance à se dégrader au fil des années (-1,6 g/kg entre 1976 et 1984) comme l'indiquent les résultats du contrôle laitier (CNIEL, 1986). Les industriels fromagers se plaignent également de la moins bonne qualité fromagère des laits qu'ils attribuent, au moins partiellement, à cette baisse du taux protéique sous les effets de divers facteurs zootechniques d'origines génétique ou alimentaire. Il est en effet bien connu que la synthèse des protéines du lait est largement dépendante du niveau d'alimentation énergétique (Remond, 1985). C'est ainsi que la mise à l'herbe se traduit souvent par une amélioration du taux protéique d'autant plus importante que le niveau alimentaire du régime hivernal qui précède est faible (Chapman et Burnet, 1972; Rook *et al.*, 1960; Coulon *et al.*, 1986).

Mais la nature du pâturage, les quantités d'herbe offertes, le type et le niveau de complémentation appliqués sont autant de facteurs susceptibles d'agir sur

la quantité et la qualité du lait. Ainsi l'aptitude fromagère du lait de vaches consommant du trèfle blanc a été supérieure à celles ingérant du ray grass (Grandison *et al.*, 1985; Thomson *et al.*, 1985). Ce dernier est lui-même plus favorable que le dactyle à la synthèse des protéines (Demarquilly, 1963; Hoden *et al.*, 1985). Les essais au pâturage portant sur la qualité du lait depuis sa composition jusqu'à son aptitude fromagère sont peu nombreux. C'est ce qui nous a conduit à étudier différents traitements expérimentaux à l'herbe.

Il était au préalable nécessaire de disposer de méthodes permettant d'apprécier la qualité fromagère des laits. Les mesures classiques de la composition du lait, taux butyreux et protéique, n'en rendent pas suffisamment compte et la fabrication de microfromages (Buisson *et al.*, 1987) est une technique trop lourde pour être utilisée dans nos conditions expérimentales. Cette étude permettait aussi de s'assurer de la sensibilité et de la répétabilité des tests effectués pour l'étude rhéologique de la coagulation ainsi que des mesures de la fermeté du gel et des rendements. Ces tests ont été réalisés à par-

tir de divers échantillons de laits issus de vaches soumises à différents traitements zootechniques de façon à obtenir une variabilité importante entre échantillons. Cette méthode a ensuite été appliquée à la détermination de la qualité fromagère des laits produits au cours de nos essais au pâturage.

Matériel et méthodes

Protocole expérimental

Trois essais portant sur un total de 110 vaches recevant de l'herbe à l'auge (essai 1) ou allant au pâturage (essais 2 et 3) ont été réalisés à partir des troupeaux INRA de la Station de recherches sur la vache laitière de Rennes et du domaine expérimental du haras du Pin au cours des saisons estivales 1986 et 1987. L'objectif essentiel était de faire varier le niveau et la nature des apports nutritifs par l'intermédiaire des aliments concentrés complémentaires, de l'espèce d'herbe pâturée et du chargement (quantité d'herbe disponible).

Traitements

Essai 1. Effet de la nature de la complémentération énergétique du trèfle blanc

Le trèfle blanc est un aliment excédentaire en azote dégradable, libérant de fortes quantités d'ammoniac dans le rumen qui peuvent être captées de façon plus ou moins importante selon le type d'aliment concentré énergétique utilisé en complément. Dans un essai réalisé par J.L. Peyraud (1986), 2 aliments concentrés ont été comparés à même niveau de complémentération énergétique (4,7 UFL) : la pulpe de betterave, composée de parois digestibles lentement dégradables, et le blé, dont l'amidon est rapidement fermentescible.

Six vaches ont été utilisées dans un schéma expérimental avec inversion des traitements au cours de 2 périodes de 15 jours. Les prélèvements de lait ont été réalisés à la fin de chacune de celles-ci.

Essai 2. Effets de l'espèce pâturée et du niveau de complémentération

Compte tenu des effets dépressifs observés avec le dactyle sur les productions de lait et de protéines par rapport au ray grass, nous avons cherché à déterminer leurs répercussions sur l'aptitude fromagère du lait et les possibilités d'y remédier par une complémentération énergétique réalisée lors du pâturage de dactyle.

En 1986, un essai a été mis en place en utilisant 2 lots (1 et 2) de 25 vaches appariées sur les critères habituels (production et composition du lait en fin d'hiver, âge, stade de lactation). Durant la saison de pâturage, l'ensemble des vaches pâturaient simultanément en un seul troupeau du ray grass (RG) ou du dactyle (D) en alternance. Les animaux ont reçu une complémentération en aliment concentré de type production (1 UFL et 150 PDI/kg), au-dessus de 20 kg de lait par jour produit à la mise à l'herbe, soit un apport moyen de 1,7 kg/j. Par ailleurs, lors de l'exploitation du dactyle, chaque vache du lot 2 recevait un apport supplémentaire de 2 UFL, soit au total l'équivalent de 3,5 kg/j d'aliment concentré. Par la suite RG1, RG2, D1 et D2 désigneront les lots 1 et 2 lors du pâturage du ray grass et du dactyle respectivement (Fig. 1). Au total, 4 prélèvements de lait (2 sur ray grass et 2 sur dactyle), situés en moyenne aux jours -4 et +5 par rapport à la date de changement de l'espèce pâturée, ont été réalisés sur chaque lot.

Essai 3. Influence du chargement et du niveau de complémentération

L'essai réalisé en 1987 au domaine du haras du Pin avec A. Muller a permis d'étudier différents niveaux d'apports nutritifs au pâturage en faisant varier le chargement et le niveau de complémentération. Un total de 54 vaches holstein et normandes de bon potentiel laitier (30 kg/j de lait à la mise à l'herbe) ont été réparties en 6 lots homogènes en fin d'hiver en tenant compte de la production et de la composition du lait, de la race et du stade de lactation. A partir de la mise à l'herbe, les lots ont suivi un schéma factoriel (Fig. 2) qui combine 3 chargements (témoin = 1; fort = 2 et très fort = 3) et 2 niveaux de complémentération (bas = B et haut = H). Les animaux du lot témoin pâturaient en abondance une herbe de bonne valeur nutritive (digestibilité de la matière organique supérieure à 0,8 à l'entrée de chaque parcelle).

En fin de période hivernale, où tous les animaux étaient soumis au même traitement, un

prélèvement de lait individuel a été effectué pour tenir compte, par analyse de covariance, des différences entre animaux. Durant la période expérimentale à l'herbe, 3 séries de prélèvements ont été réalisées à chaque fois à la fin du temps de séjour (10 jours en moyenne) des parcelles exploitées en système de pâturage tournant. Les différences d'apports nutritifs entre traitements sont alors les plus marquées (Hoden *et al.*, 1986).

Composition chimique des laits et tests technologiques

Les analyses de composition chimique suivantes ont été retenues : teneurs en matière

sèche (MS), matière azotée totale (MAT), caséines et protéines solubles, calcium total et soluble. Pour caractériser l'aptitude fromagère des laits, les tests technologiques suivants ont été réalisés : suivi rhéologique de la coagulation avec le viscosimètre Rhéomat 30, mesure de la fermeté du gel avec l'analyseur de consistance Stevens, détermination des rendements par centrifugation. Leur définition précise a nécessité une étude préalable réalisée à partir de 32 échantillons de lait de mélange issus de 104 vaches ayant participé à 12 traitements expérimentaux.

Pour ce faire, les taux protéiques des laits ont systématiquement été déterminés individuellement à partir d'un prélèvement représentatif de la traite du matin. Suite à celle-ci, un échantillon global de 2,5 l de lait par traitement

lot	Apport de concentré (kg/j)		
	ray grass (RG)	dactyle (D)	ray grass (RG)
1 (n=25)	1,7	1,7	1,7
	(RG1)	(D1)	(RG1)
		3,5	
2 (n=25)	1,7	(D2)	1,7
	(RG2)		(RG2)

Fig. 1. Schéma expérimental de l'essai 2 : nature du pâturage et niveau de complémentation.

chargement	complémentation	concentré (kg/j)
1 - témoin (100 % optimum)	bas	0
	haut	2,7
2 - fort (115 %)	bas	0
	haut	2,7
3 - très fort (130 %)	bas	0
	haut	2,7

Fig. 2. Schéma expérimental de l'essai 3 : effet du chargement et du niveau de complémentation au pâturage.

expérimental a été constitué par pondération des quantités individuelles produites et immédiatement écrémé et conservé durant 24 h à +4 °C. L'écémage avait pour but de s'affranchir des effets inhérents à la teneur en matière grasse, la standardisation à 29 g/kg effectuée par les industriels n'étant pas réalisable dans nos conditions. Par contre le pH initial de chaque échantillon a été mesuré puis ajusté à 6,6. Toutes les mesures susceptibles d'expliquer au mieux l'aptitude fromagère des laits ont été effectuées juste après les 24 h de conservation (Fig. 3). Les tests technologiques ont été effectués en coagulant le lait à 35 °C par la présure commerciale (Granday) à 520 mg de chymosine par litre diluée dix fois. Cette technique est plus facile à contrôler et permet une meilleure répétabilité.

Temps de coagulation et fermeté du gel

Le temps de coagulation a été mesuré par la méthode de Berridge (Collin *et al.*, 1977) et l'analyse rhéologique de la coagulation a été réalisée à l'aide d'un viscosimètre rotatif Rhéomat 30 (Korolczuk et Maubois, 1987). Cette technique permet de décomposer l'évolution de la viscosité du lait emprésuré en fonction du temps en 2 phases importantes qui permettent une bonne discrimination des différents laits selon leur comportement à partir de l'emprésurage (Fig. 4) :

- une légère décroissance de la viscosité suivie d'un palier correspondant à la phase primaire de la coagulation;
- une augmentation rapide présentant un point d'inflexion situé au début de l'aggrégation des micelles. La pente de la courbe mesurée au point d'inflexion est assimilable à une vitesse de raffermissement.

Le maximum atteint par la courbe puis sa décroissance ne sont qu'une résultante entre l'accroissement de la viscosité, liée à la coagulation et sa diminution, liée à la destruction du gel par l'appareil de mesure utilisé dès que les agrégats sont assez gros.

L'évolution de la viscosité ainsi mesurée suit une courbe correspondant au modèle de Scott Blair (Korolczuk et Maubois, 1987). Pour l'ensemble de nos échantillons ($n = 32$), la vitesse de raffermissement du coagulum est liée négativement ($P < 0,01$) à la durée de la phase primaire ($r = -0,70$), et plus encore au temps de coagulation ($r = -0,88$).

La fermeté du gel a été évaluée (à partir de 1987) avec le pénétromètre — analyseur de

consistance de Stevens (Thomasow et Voss, 1976) — comportant un plongeur cylindrique de 12 mm de diamètre. Une étude préalable, portant sur 4 laits dont les taux protéiques variaient de 27,0 à 32,4 g/kg, a été nécessaire pour déterminer le moment le plus favorable à la mesure de la fermeté maximale d'un coagulum. La cinétique d'évolution de la fermeté mesurée 1 h, 1 h 30, 2 h et 2 h 30 après l'emprésurage indique qu'au-delà de 2 h 30, les risques d'exsudation spontanée et de cassure du caillé sont trop importants. La fermeté du gel augmente jusqu'à un palier atteint à 2 h, c'est pourquoi nous avons choisi d'effectuer les mesures de fermeté à ce temps.

Aptitude à l'égouttage et rendements

L'aptitude à l'égouttage a été estimée en premier lieu par le rendement frais (RF) qui est le rapport du poids de caillé sur celui de lait mis en œuvre. Les rendements frais corrigés (RFC) et rendements en matière azotée corrigés (RNC) ont ensuite été calculés en estimant les pertes à l'égouttage selon la méthode décrite par Vandeweghe (1987). Dans ce cas, nous avons estimé que le fromage de référence avait des teneurs en MS et en MAT de 300 et 220 g/kg respectivement. Deux méthodes d'obtention du caillé ont été comparées sur 28 laits différents issus de lots de 3 à 25 vaches :

- un «égouttage en moule», reproduisant les différentes opérations classiquement réalisées selon la technique présentée par Manzanilla Cadenas (1982). Ne disposant pas encore du pénétromètre de Stevens à cette période (1986), une note allant de 1 (fragile) à 5 (très ferme) a été attribuée au coagulum au moment du décaillage;
- une centrifugation de 10 min à 3 000 tours/min réalisée 1 h après l'emprésurage sur 6 échantillons de 50 ml d'un même lait. Cette technique se rapproche de celle utilisée par Schneid (1985) en vue de la détermination des bilans en matière azotée.

Les résultats obtenus par ces 2 méthodes sont très fortement corrélés entre eux ($r > 0,88$) pour les 3 paramètres mesurés : RF, RFC et RNC ($P < 0,01$). De plus, pour chacun de ces critères, les différences observées entre deux laits traités le même jour vont toujours dans le même sens avec les 2 méthodes. Par contre, la centrifugation ne tient pas compte des pertes de particules fines lors de l'égouttage et des diverses manipulations effectuées par le fromager; elle ne permet donc pas d'estimer les

Fig. 3. Schéma des analyses effectuées sur le lait.

Fig. 4. Etude rhéologique de la coagulation (Rhéomat 30) : exemple de 2 laits à taux protéiques différents.

valeurs réelles de rendement et d'aptitude à l'égouttage. Elle est cependant pratique et valable pour la comparaison relative des laits issus de traitements alimentaires différents.

Fidélité et sensibilité des différents tests technologiques

L'étude a porté sur : la répétabilité des mesures, la reproductibilité d'un jour sur l'autre, et la sensibilité des tests ou leur aptitude à mettre en évidence des différences observées entre 2 traitements.

Trois séries de tests technologiques (vitesse de coagulation, fermeté, rendements), comportant chacun 2 à 3 répétitions, ont été effectuées sur 5 laits de mélange issus chacun de 10 vaches soumises à des traitements expérimentaux différents. Les prélèvements ont été effectués sur une période de 4 semaines au 4^e mois de lactation lorsque la composition du lait varie peu.

La répétabilité de la mesure a été appréciée par le coefficient de variation résiduelle (CV

en %) après avoir tenu compte des effets «jours» et «traitements» (Tableau I). Elle est très bonne pour la fermeté et les rendements (CV = 0,02 à 2,47) mais plus variable pour la vitesse de raffermissement du gel (CV = 9,70).

Les différences entre jours (variance) sont généralement beaucoup plus faibles que celles observées entre traitements, l'effet jour étant cependant significatif pour la fermeté et le rendement frais (Tableau I). Une partie de ces variations est probablement liée à une légère modification de la composition du lait d'un jour à l'autre mais aussi aux conditions expérimentales de réalisation des mesures (température, présure,...). Dans ces conditions, l'effet traitement est hautement significatif ($P < 0,01$) pour tous les paramètres à l'exception du rendement azoté corrigé ($P < 0,10$).

En conclusion, les tests technologiques sont très répétables, exception faite de la vitesse de raffermissement. Ils permettent aussi de comparer les laits entre eux à condition de réaliser les tests le même jour.

Tableau I. Répétabilité des tests technologiques (analyse de variance à 2 facteurs).

	nombre total de mesures	moyenne	variance inter jours	variance inter traitements	variance résiduelle	coefficient de variation résiduelle %
vitesse de raffermissement mPa/s ²	30	1.76	0.01	0.47 ***	0.03	9.70
fermeté à 2h g/cm ²	45	2.35	0.07 ***	2.40 ***	0.01	0.02
rendement frais (RF) %	45	21.34	15.10 ***	400 ***	0.25	1.81
rendement frais corrigé (RFC) %	30	9.64	0.05	1.80 ***	0.06	2.47
rendement azoté corrigé (RNC) %	30	75.55	1.09	2.06 *	0.99	1.32

seuil de signification : *** = $P < 0.01$; * = $P < 0.10$

Résultats

Essai 1. Nature de la complémentation (trèfle blanc)

Les vaches recevant un complément à base de blé ont produit un lait plus riche en matière azotée (+ 3,2 g/kg) et en protéines (+ 2,8 g/kg) que celles recevant un complément à base de pulpe de betterave (Tableau II). Des tendances à l'amélioration du taux protéique avec les concentrés de type « amidon », comparativement à ceux de type « paroi », ont déjà été observées sur des régimes à base d'ensilage de maïs (Cotto *et al.*, 1988; Coulon *et al.*, 1988a). En revanche, la proportion de caséine dans la fraction protéique a été plus élevée de 3,1% avec la pulpe de sorte que la quantité de caséines n'est supérieure que de 1,2 g/kg avec le blé. Les teneurs en calcium (total et colloïdal) des laits sont en revanche tout à fait comparables entre les 2 aliments complémentaires. Compte tenu de ces compensations, l'aptitude à la coagulation mesurée par la vitesse de raffermissement du gel est sensiblement plus élevée de 0,4 mPa/s² et le gel apparaît comme étant beaucoup plus ferme (note de 4,5 contre 0,5) avec la pulpe. Les rendements ont été identiques entre les 2 aliments complémentaires.

Essai 2. Espèce d'herbe pâturée et niveau de complémentation

Le passage du ray grass au dactyle (lot 1) (Tableau II) provoque une réduction de 1,1 kg/j (-4,3%) de la production de lait, ce qui est en accord avec les résultats de la bibliographie (Hoden *et al.*, 1985). Simultanément, la production de protéines diminue dans des proportions moindres (-3,3%) entraînant un accroissement de 0,3 g/kg du taux protéique ($P < 0,05$). Le pâturage de dactyle se traduit également par une réduction du pourcentage caséines/protéines (-4,4%) et du rapport calcium colloïdal / matière azotée (-1,8 mg/g). Il en résulte une diminution sensible de la vitesse de raffermissement du gel (-0,5 mPa/s²) et surtout une réduction de la note de fermeté du coagulum (note de 1,7 contre 4) avec les laits issus du dactyle.

Le passage des mêmes vaches (lot 2) du ray grass au dactyle avec une complémentation supplémentaire provoque une augmentation des productions de lait de 0,5 kg/j (+2,0%) et de protéines de 34 g/j (+4,6%) de sorte que le taux protéique est plus élevé de 0,8 g/kg. Bien que plus riche en MAT (+0,9 g/kg), le lait issu des vaches pâturant du dactyle fortement complémenté ne contient pas plus de caséines (23,9 g/kg) que lorsqu'il est issu

Tableau II. Influence de la nature du pâturage et du niveau d'alimentation sur la qualité du lait de vaches à l'herbe.

essai (année)	1 (1986)		2 (1986)				3 (1987)					
traitement	trèfle blanc		ray grass		dactyle		témoin (optimum)		fort (115% optimum)		très fort (130% optimum)	
complementation	blé	pulpe	bas	bas	bas	bas+2UFL	bas	haut	bas	haut	bas	haut
indicateur du lot	BLE	PULPE	RG1	RG2	D1	D2	1B	1H	2B	2H	3B	3H
nb vaches/lot	3	3	25	25	25	25	9	9	9	9	9	9
nb prélèvements	2	2	2	2	2	2	4	4	4	4	4	4
stade lactation (mois)	7	7	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4
lait kg/j préexpérience	22.1	22.1	25.0	25.0	25.0	25.0	29.8	29.9	30.0	29.8	29.8	29.7
concentré kg MS/j	4.6	4.9	1.7	1.8	1.7	3.5	0.0	2.7	0.0	2.7	0.0	2.7
données individuelles												
lait kg/j	18.1	18.3	25.4	24.8	24.3	25.3	20.2	22.3	18.4	24.1	17.7	21.8
matière protéique g/j	594	558	752	732	727	766	593	628	505	697	496	632
TP pondéré g/kg	32.8	30.5	29.6	29.5	29.9	30.3	29.3	28.2	27.4	28.9	27.9	29.0
lait de mélange écrémé												
MAT g/kg	34.7	31.5	31.5	31.2	31.9	32.1	32.6	31.1	30.5	32.3	31.5	31.6
protéines g/kg	32.5	29.7	29.8	29.2	30.6	30.2	30.9	29.4	29.0	30.7	29.9	29.1
caséines g/kg	25.3	24.1	24.5	23.9	23.8	23.9	25.4	24.0	23.7	25.5	24.5	23.8
caséines % protéines	77.9	81.0	82.1	81.8	77.7	79.2	82.1	81.8	81.7	83.1	82.0	81.9
Ca total mg/kg	1115	1050	1126	1125	1088	1076	1164	1173	1158	1217	1189	1190
Ca colloïdal / caséines mg/g	31.1	29.9	32.3	33.0	31.2	30.6	33.9	36.3	33.7	33.1	35.0	35.4
rendement frais corrigé %	10.6	9.7	8.4	8.5	10.1	10.1	10.1	9.5	6.3	10.0	9.7	9.8
rendement azoté corrigé %	72.5	74.3	74.3	73.9	74.6	74.3	76.0	75.5	75.6	76.2	75.7	75.3
vitesse de raffermissement de gel mPa/s ²	1.7	2.1	2.2	2.5	1.7	1.8	2.6	2.1	1.8	2.3	2.0	2.2
fermeté de gel (1)	0.50	4.25	4.00	3.50	1.70	4.00	4.00	3.82	3.03	3.50	3.50	3.35

(1) note visuelle (1à5) en 1986, mesure sur STEVENS en 1987

du ray grass à bas niveau de complémentation. De même, sa fraction de calcium colloïdal/MAT est plus faible de 2,5 mg/g. Dans ces conditions, la vitesse de raffermissement du coagulum reste beaucoup plus faible ($-0,7$ mPa/s²) mais la fermeté du gel est comparable à celle observée avec le ray grass.

Une estimation de l'effet spécifique de la complémentation peut être faite sur les vaches recevant uniquement le dactyle (lots D1 et D2). Pour tenir compte des différences éventuelles liées aux caractéristiques des animaux, cet effet est déterminé par les différences : (D2-D1)-(RG2-RG1). Dans ces conditions, l'augmentation du niveau de complémentation avec le dactyle améliore les teneurs en matière azotée (+ 0,5 g/kg) et en caséines

(+ 0,7 g/kg) du lait mais réduit de 0,7 mg/g le rapport calcium colloïdal/MAT. Parallèlement, la fermeté du gel s'accroît fortement (+ 2,8 sur la note) mais sa vitesse de raffermissement ainsi que les rendements sont peu affectés.

Essai 3. Effet du chargement et du niveau de complémentation au pâturage

L'apport de concentré (lots B vs H), indépendamment du chargement, a conduit à des augmentations significatives ($P < 0,05$) des productions de lait (+ 3,3 kg/j) et de protéines (+ 106 g/j) ainsi que du taux protéique (+ 0,6 g/kg). L'accroissement de la production laitière ainsi observée est en accord avec les travaux de Meijis (1986),

Pour un facteur de variation donné, les résultats suivis de lettres différentes sont significativement différents au seuil de $P < 0,05$

Fig. 5. Influence du chargement et de la complémentation sur la qualité du lait de vaches au pâturage (valeurs observées au pâturage - valeurs observées en hiver). Pour un facteur de variation donné, les résultats suivis de lettres différentes sont significativement différents au seuil de $P < 0,05$.

Kibon et Holmes (1987), Hoden *et al.* (1986) et de Leaver (1986) mais la modification de la composition du lait n'est pas systématiquement observée. L'influence du chargement, indépendamment de la complémentation, ne s'est pas traduite par une réduction du taux protéique en raison d'une baisse simultanée des productions de lait ($-1,7$ kg/j) et de protéines (-93 g/j) dans les mêmes proportions (-7%) entre les traitements extrêmes (témoin et très fort). Ces résultats corroborent les observations de Le Du *et al.* (1981), de Le Du et Newberry (1981) et de Garel et Hoden (1985).

Les interactions entre le chargement et le niveau de complémentation sont hautement significatives. Ainsi, l'augmentation du chargement a réduit systématiquement la production laitière des lots ne recevant pas de concentré et le taux protéique le plus élevé a été obtenu avec le chargement témoin. A l'inverse, avec les animaux complémentés, la meilleure production laitière a été observée avec le chargement fort et le taux protéique le plus faible a été obtenu avec le chargement témoin.

Les résultats de composition physico-chimique et les tests technologiques réalisés sur les laits de mélange ont été exprimés par différence par rapport à la période pré-expérimentale de façon à tenir compte des écarts éventuels liés aux caractéristiques des animaux (Fig. 5). Le stade moyen de lactation est de 2,4 mois en période pré-expérimentale et 5,5 mois pendant l'expérience. La complémentation, indépendamment du chargement, s'est traduite par une amélioration globale des différents paramètres physico-chimiques et technologiques mesurés et en particulier de la vitesse de raffermissement du gel ($+0,2$ mPa/s²). L'effet du chargement est par contre beaucoup plus complexe à examiner en raison des interactions importantes avec les apports

d'aliments concentrés. Il est de ce fait nécessaire d'étudier les traitements intra-niveaux de complémentation.

Avec le niveau bas de complémentation, l'accroissement du chargement se traduit généralement par une réduction de la qualité technologique des laits en liaison avec la réduction du taux protéique ($0,69$ g/kg entre les chargements extrêmes). La vitesse de raffermissement est simultanément réduite de $1,14$ mPa/s² et le coagulum est moins ferme de $2,1$ g/cm². Ces résultats corroborent les travaux de Glassey *et al.* (1980), Le Du *et al.* (1981) et de Mayne *et al.* (1987).

Avec le niveau haut de complémentation, le chargement semble avoir un effet moins marqué sur les tests technologiques malgré un accroissement du taux protéique. Il est probable que la distribution d'aliment concentré a entraîné une réduction des variations de quantités d'herbe ingérées et, en conséquence, du niveau d'apports nutritifs au pâturage lorsque le chargement augmente, ce que d'autres auteurs ont observé (Meijs, 1986).

Conclusion

Les tests technologiques effectués se sont avérés efficaces et applicables pour la comparaison des laits lors des essais zootechniques à condition de réaliser les comparaisons le même jour par les mêmes opérateurs. Par ailleurs, il est aussi indispensable d'utiliser des schémas expérimentaux en carré latin ou en inversion... permettant de comparer les divers traitements sur les mêmes animaux. Ceci permet de s'affranchir des différences liées aux caractéristiques propres des vaches telles que le polymorphisme génétique des principales lacto-

protéines (Grosclaude, 1988). Néanmoins la réalisation de certains de ces tests, et plus particulièrement la mesure effectuée à partir du Rhéomat 30, est encore trop longue pour être effectuée en routine. C'est pourquoi nous envisageons, par la suite, d'effectuer l'étude rhéologique de la coagulation avec un Formagraph.

Les résultats obtenus montrent que le taux protéique n'est pas le seul paramètre à intervenir dans l'aptitude fromagère des laits. Ainsi, les animaux recevant du blé comme aliment complémentaire (essai 1) ou pâturant du dactyle (essai 2) ont produit des laits plus riches en protéines, avec cependant une moins bonne aptitude fromagère que ceux obtenus avec les traitements mis en comparaison. Il est probable que d'autres paramètres de la composition chimique, tels que la nature des caséines et la fraction minérale (calcium), interviennent pour «tamponner» les effets néfastes des laits à faibles taux protéiques.

Les résultats présentés concernant les essais d'alimentation à l'herbe ont dû être réalisés sur un nombre restreint d'échantillons de laits de petits mélanges; ils demandent donc à être vérifiés à plus grande échelle sur des laits individuels. Simultanément, il serait souhaitable d'effectuer des contrôles de la valeur alimentaire de l'herbe afin de connaître au mieux le niveau des apports nutritifs au pâturage. Il se confirme néanmoins que l'augmentation des apports énergétiques a un effet favorable sur la composition physico-chimique et l'aptitude fromagère des laits, confirmant les travaux de Coulon *et al.* (1988b). Ce phénomène a été obtenu par différents moyens permettant d'accroître les apports énergétiques : augmentation du niveau de complémentation (essais 2 et 3), réduction du chargement (essai 3) ou modification de la nature du pâturage (essai 2). Dans ce dernier cas, les écarts observés entre le

ray grass et le dactyle peuvent être dus à une différence de valeur alimentaire entre les 2 fourrages puisqu'il est connu que le dactyle a une valeur énergétique plus faible ($-0,05$ UFL/kg MS) et une valeur d'encombrement plus élevée (INRA, 1988). L'effet dépressif du dactyle peut être corrigé par un apport supplémentaire d'aliment concentré. Par ailleurs, la comparaison isoénergétique des aliments concentrés à base de pulpe de betterave ou de blé apportés avec le trèfle blanc (essai 1) met en évidence des différences de qualité technologique des laits liées probablement à la nature de la source énergétique complémentaire.

Remerciements

Nous tenons à remercier M. Brule, du laboratoire de technologie laitière de l'INRA de Rennes, pour son aide précieuse lors de la mise au point des méthodes d'analyse des laits, M. Faverdin, de la Station de recherches sur la vache laitière, pour ses conseils avisés concernant l'interprétation statistique des résultats et M. Vicaire, de l'ITEB, pour l'attribution de la bourse ACTA-MRT et des crédits nécessaires à la réalisation de cette étude.

Références

- Buisson V., Kerjean J.R. & Courroye M. (1987) Miniaturisation de la fabrication fromagère. *Tech. Lait.* 1024, 17-23
- Chapman H.R. & Burnett J. (1972) Seasonal changes in the physical properties of milk for cheesemaking. *Dairy Ind.* 37, 207-211
- CNIEL (1986) *L'Economie Laitière en Chiffres*. Ed. CNIEL, Paris
- Collin J.C., Grappin R. & Legraet Y. (1977) Etude de la méthode de mesure, selon Berridge, du temps de coagulation du lait additionné d'une solution enzymatique. *Rev. Lait. Fr.* 355, 389-395
- Cotto G., Lagrange C., Laurent F. & Chenais F. (1988) Pour les vaches laitières : quel concen-

- tré ? Pulpes ou céréales. In : *Annuel 1988 pour l'Éleveur de Bovins*. Ed. ITEB, Paris
- Coulon J.B., Garel J.P. & Hoden A. (1986) Evolution de la production et de la composition du lait à la mise à l'herbe. *Bull. Tech. CRVZ Theix* INRA, 66, pp. 23-29
- Coulon J.B., Faverdin P., Laurent F. & Cotto G. (1988a) Influence de la nature de l'aliment concentré sur les performances des vaches laitières. In : *L'utilisation des céréales par les vaches laitières*. Journée organisée par l'ITEB, Paris
- Coulon J.B., Roybin D., Congy E. & Garel A. (1988b) Composition chimique et temps de coagulation du lait de vache. *Prod. Anim.* 1, 4, 253-263
- Demarquilly C. (1963) Influence de la nature du pâturage sur la production laitière et la composition du lait. *Ann. Zootech.* 12, 2, 68-104
- Garel J.P., Hoden A. (1985) Pâturage en zone de montagne : niveaux de chargement et de complémentation pour des vaches laitières. *Bull. Tech. CRVZ Theix*, INRA, 62, 35-46
- Glassey C.B., Davey A.W.F. & Holmes C.W. (1980) The effect of herbage allowance on the dry matter intake and milk production of dairy cows. *Proc. N.Z. Soc. Anim. Prod.* 40, 59-63
- Grandison A.S., Manning D.J., Thomson D.J. & Anderson M. (1985) Chemical composition, rennet coagulation properties and flavour of milks from cows grazing ryegrass or white clover. *J. Dairy Res.* 52, 1, 33-39
- Grosclaude F. (1988) Le polymorphisme génétique des principales lactoprotéines bovines. *Prod. Anim.* 1, 1, 5-17
- Hoden A., Coulon J.B. & Dulphy J.P. (1985) Influence de l'alimentation sur la composition du lait. 3. Effets des régimes alimentaires sur les taux butyreux et protéiques. *Bull. Tech. CRVZ Theix*, INRA, 62, 69-79
- Hoden A., Muller A., Journet M. & Faverdin P. (1986) Pâturage pour vaches laitières. 2. Simplification des systèmes de pâturage et niveaux de complémentation en zone normande. *Bull. Tech. CRVZ Theix*, INRA, 66, 5-16
- INRA (1988) *Alimentation des Bovins, Ovins et Caprins*. Ed. R. Jarrige, INRA Publications, Versailles
- Kibon A. & Holmes W. (1987) The effect of height of pasture and concentrate composition on dairy cows grazed on continuously stocked pastures. *J. Agric. Sci. Camb.* 109, 293-301
- Korolczuk J. & Maubois J.L. (1987) Computerized viscometric method for studying rennet coagulation of milk. *J. Texture Stud.* 18, 157-172
- Leaver J.D. (1986) Effects of supplements on herbage intake and performance. *Occasional Symp. Brit. Grassl. Soc.* 19, 79-88
- Le Du Y.L.P. & Newberry R.D. (1981) The effect of periods of grass shortage on the milk production of grazing cows. *Grass Forage Sci.* 36, 2, 134
- Le Du Y.L.P., Baker R.D. & Newberry R.D. (1981) Herbage intake and milk production by grazing dairy cows. The effect of grazing severity under continuous stocking. *Grass Forage Sci.* 36, 4, 307-318
- Manzanilla Cadenas C. (1982) *Contribution à l'étude des aptitudes fromagères des poudres de lait*. Thèse de doctorat, Université de Caen
- Mayne C.S., Newberry R.D., Woodcock S.C.F. & Wilkins R.J. (1987) Effect of grazing severity on grass utilisation and milk production of rotationally grazed dairy cow. *Grass Forage Sci.* 42, 59-72
- Meijs J.A.C. (1986) Concentrate supplementation of grazing dairy cows. 2. Effect of concentrate composition on herbage intake and milk production. *Grass Forage Sci.* 41, 229-235
- Muller A. (1987) Communication personnelle
- Peyraud J.L. (1986) Communication personnelle
- Remond B. (1985) Influence de l'alimentation sur la composition du lait de vache. II. Taux protéique : facteurs généraux. *Bull. Tech. CRVZ Theix*, INRA, 62, 53-67
- Rook J.A.F., Line C. & Rowland S.J. (1960) The effect of plane of energy nutrition of the cow during the late winter-feeding period on the changes in the solid-not-fat content of milk during the spring-grazing period. *J. Dairy Res.* 27, 3, 427-433
- Schneid N. (1985) *Contribution à la caractérisation des aptitudes fromagères des poudres de lait*. Thèse de Docteur Ingénieur, INAPG
- Thomasow J. & Voss E. (1976) Méthodes pour la détermination de la fermeté du coagulum de lait. *Bull. FIL* 9-12
- Thomson D.J., Beever D.E., Haines M.J., Cammell S.B., Evans R.T., Dhanda M.S. & Austin A.R. (1985) Yield and composition of milk from Friesian cows grazing either perennial ryegrass or white clover in early lactation. *J. Dairy Res.* 52, 1, 17-31
- Vandeweghe J. (1987) Le rendement en fromage. Prédétermination et mesure. In : *Le Fromage* (Eck A., ed.), Technique et Documentation, Lavoisier, Paris, pp. 467-475